

(19)



(11)

EP 1 803 964 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.07.2007 Patentblatt 2007/27

(51) Int Cl.:
F16F 15/023^(2006.01) F16F 15/03^(2006.01)
G03F 7/20^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06009025.5**

(22) Anmeldetag: **02.05.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Integrated Dynamics Engineering GmbH**
65479 Raunheim (DE)

(72) Erfinder: **Heiland, Peter**
65479 Raunheim (DE)

(30) Priorität: **30.12.2005 EP 05028716**

(74) Vertreter: **Blumbach - Zinngrebe Patentanwälte**
Alexandrastrasse 5
65187 Wiesbaden (DE)

(54) Lager zur Schwingungsisolierung mit verringerter horizontaler Steifigkeit

(57) Es wird ein Lager zur Schwingungsisolierung vorgeschlagen, bei welchem zusätzlich zu einem Fluidlager,

insbesondere einem Luftlager zwei vertikal voneinander beabstandete Drehgelenke vorgesehen sind, um die Steifigkeit in horizontaler Richtung zu verringern.

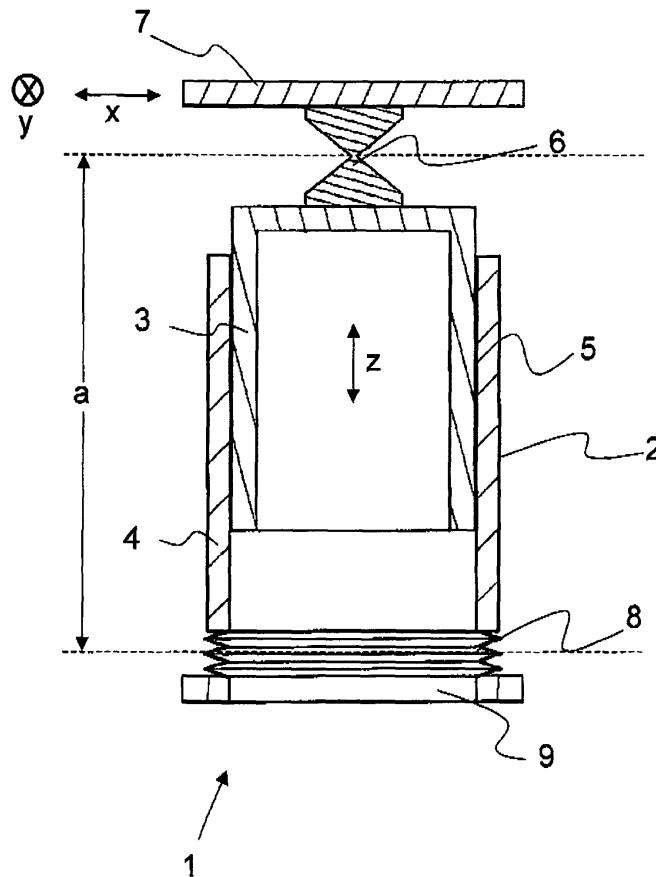


Fig. 1

EP 1 803 964 A2

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lager zur Schwingungsisolierung, sowie ein Schwingungsisolierungssystem und ein Verfahren zur Schwingungsisolierung, bei welchem zumindest ein Fluidlager Teil eines Lagers zur Schwingungsisolierung ist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Schwingungsisolierungssysteme sind bekannt. So zeigt beispielsweise die EP 927 380 B1 ein vertikal und horizontal wirksames Luftlager, mit welchem insbesondere ein Schwingungsisolierungssystem zur Lagerung eines Litographiegerätes bereitgestellt werden kann. Es handelt sich bei diesem horizontal und vertikal wirksamen Luftlager um ein offenes System, das heißt es strömt kontinuierlich Druckluft durch das Lager, so dass die zu lagernde Last berührungslos von der Basis abgekoppelt ist. Derartige Luftlager haben den Nachteil eines hohen Luftverbrauchs und sind empfindlich gegenüber Schwankungen des Versorgungsluftdruckes. Darüber hinaus unterliegen derartige Lager einem Eigenrauschen, welches dazu führt, dass eine Isolierung gegen kleine niederfrequente Schwingungsamplituden nur bedingt möglich ist. Darüber hinaus haben derartige Lager konstruktionsbedingt eine wesentlich höhere Steifigkeit in horizontaler Richtung. Ein derartiges Lager ist daher auch zur Isolierung von Schwingungen, welche eine horizontale Komponente aufweisen, nicht besonders gut geeignet.

[0003] In der Halbleiterindustrie steigen mit der Miniaturisierung von Bauelementen immer mehr die Anforderungen an derartige Schwingungsisolierungssysteme. Aufgrund von auf dem Schwingungsisolierungssystem angeordneten beweglichen Maschinenelementen, wie Robotern zur Fertigung von Halbleiterbauelementen, treten vermehrt Schwingungen auf, welche hohe horizontale Kraftkomponenten aufweisen.

[0004] Weiter sind aus der Praxis Luftlager bekannt, welche geschlossen sind, beispielsweise ausgestaltet als mit Druckluft gefüllter Faltenbalg. Derartige Lager eignen sich aufgrund der dadurch resultierenden mechanischen Verbindung von Basis und zu lagernder Last nicht für niederfrequente Schwingungsamplituden.

Aufgabe der Erfindung

[0005] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Lager zur Schwingungsisolierung sowie ein Verfahren zur Schwingungsisolierung bereitzustellen, welches die vorstehend genannten Nachteile des Standes der Technik mindert.

[0006] Insbesondere ist Aufgabe der Erfindung, ein Lager zur Schwingungsisolierung bereitzustellen, welches die horizontale Steifigkeit des Lagers, insbesondere

im niederfrequenten Bereich verringert und so auch eine wirkungsvolle Isolierung gegen niederfrequente Schwingungen mit kleiner Schwingungsamplitude ermöglicht.

5 **[0007]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Luftlager bereitzustellen, welches bei gleich guter oder sogar verbesserter Isolierungswirkung mit einem geringeren Luftverbrauch auskommt.

10 Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird bereits durch ein Lager zur Schwingungsisolierung, ein Schwingungsisolierungssystem sowie ein Verfahren zur Schwingungsisolierung nach einem der unabhängigen Ansprüche erreicht.

15 **[0009]** Bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen.

20 **[0010]** Die Erfindung sieht ein Lager zur Schwingungsisolierung vor, welches zumindest ein Fluidlager, insbesondere als Luftlager ausgestaltet, umfasst. Das Luftlager ist vorzugsweise sowohl zur horizontalen als auch zur vertikalen Lagerung einer zu isolierenden Last ausgebildet, ist also sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung wirksam.

25 **[0011]** Neben dem Fluidlager umfasst das Lager zur Schwingungsisolierung zumindest zwei vertikal voneinander beabstandete, insbesondere mechanisch arbeitende Drehgelenke. Durch diese Drehgelenke, welche vorzugsweise eine Federsteifigkeit aufweisen, also als Federdrehgelenke ausgestaltet sind, wird eine dem Luftlager hinzu addierte Isolierung in horizontaler Richtung erreicht. Die beiden Drehgelenke sind vorzugsweise wie

30 **[0012]** So kann die horizontale Isolierung im Wesentlichen von den beiden Drehgelenken übernommen werden.

35 **[0013]** Das Fluidlager hingegen besitzt, wie es bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist, eine horizontale Steifigkeit, welche mehr als 5, vorzugsweise mehr als 10 und besonders bevorzugt mehr als 15 mal so groß ist, wie die vertikale Steifigkeit. So können Fluidlager mit einer geringen horizontalen Steifigkeit verbaut werden. Die Dicke der Luftspalte kann so reduziert werden, wodurch der Luftverbrauch eines mit entsprechenden Lagern zur Schwingungsisolierung versehenen Schwingungsisolierungssystems gesenkt werden kann.

40 **[0014]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die vertikale Steifigkeit des Lagers mindestens 0,5, vorzugsweise 0,7 und besonders bevorzugt 0,9 mal so groß wie die horizontale Steifigkeit des Lagers.

45 **[0015]** Durch die Drehgelenke kann also ein Lager bereitgestellt werden, bei welchem die horizontale Steifigkeit ähnlich niedrig oder sogar niedriger ist, wie die ver-

tikale Steifigkeit. Eine Isolation gegen Schwingungen mit horizontaler Kraftkomponente ist daher ohne wesentliche Einschränkungen möglich.

[0016] Die Drehgelenke sind bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zumindest in den zwei Rotationsfreiheitsgraden, welche im Wesentlichen senkrecht zu einer Vertikalachse verlaufen, beweglich. So wird die horizontale Steifigkeit des Lagers in allen Richtungen der Horizontalebene verbessert.

[0017] Bei einer Weiterbildung der Erfindung sind die Drehgelenke oberhalb und unterhalb des Fluidlagers angeordnet, beziehungsweise es befindet sich der Drehpunkt im Wesentlichen oberhalb und unterhalb des Fluidlagers. So wird eine besonders kompakte Bauform des Lagers ermöglicht, wobei das Fluidlager als den Abstand zwischen den beiden Drehgelenken definierender Hebel fungiert.

[0018] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist zumindest eines der Drehgelenke, vorzugsweise ein unteres Drehgelenk, als Faltenbalg, insbesondere als Metallfaltenbalg ausgebildet. Derartige Faltenbälge tragen neben einer Eigenschaft als Drehgelenk gleichzeitig zur Isolation bei und besitzen zugleich eine Federsteifigkeit, so dass auf weitere Federkomponenten zur Ausrichtung des Lagers verzichtet werden kann.

[0019] Sofern ein unteres Drehgelenk als Faltenbalg ausgebildet ist, kann die Fluidzufuhr über diesen Faltenbalg erfolgen, so dass der Faltenbalg zugleich Teil der Fluidzuführung ist.

[0020] Vorzugsweise werden Metallfaltenbälge verwendet, welche weniger dazu neigen, durch vorbeiströmende Luft zu Resonanzschwingungen angeregt zu werden. Das im System vorhandene Krafrauschen wird so reduziert.

[0021] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist zumindest eines der Drehgelenke, insbesondere das obere Drehgelenk als Feder, insbesondere als Metallfeder ausgebildet.

[0022] Zur Bereitstellung von federnden Eigenschaften kann als Feder ein elastomeres Vollmaterial verwendet werden, insbesondere ein Gummiblock. Derartige Gummigelenke haben zwar den Nachteil, dass sich das elastomere Material bei Belastung und/oder im Laufe der Zeit setzt, sind aber eine preiswerte und zuverlässige Ausführungsvariante.

[0023] Bei einer Weiterbildung der Erfindung weist das Lager eine weitere Feder auf, insbesondere eine Blattfeder. Diese Blattfeder ist vorzugsweise so ausgebildet, dass die Steifigkeit senkrecht zur Achse des Lagers, also in horizontaler Richtung höher ist als die vertikale Steifigkeit. Insbesondere hat die Blattfeder eine horizontale Steifigkeit, die mindestens fünfmal höher als die vertikale Steifigkeit ist.

[0024] Über die Steifigkeit einer Blattfeder kann das Drehgelenk als Federgelenk ausgestaltet werden. Die geringe vertikale Steifigkeit der Feder minimiert dabei Einkopplungen von Schwingungen durch die Feder in das Schwingungsisolationsystem.

[0025] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist die horizontale Steifigkeit der weiteren Feder veränderbar und kann beispielsweise mechanisch oder über ein elektrisches oder pneumatisches Stellglied eingestellt werden.

5 So kann ein Lager bereitgestellt werden, welches eine variable einstellbare horizontale Steifigkeit aufweist. Es ist dabei besonders von Vorteil, dass die horizontale Steifigkeit nicht über den Fluiddruck eingestellt werden muss. Eine erhöhte horizontale Steifigkeit führt daher nicht zu erhöhtem Luftverbrauch. Zudem hängen horizontale und vertikale Steifigkeit im Wesentlichen nicht voneinander ab.

10 **[0026]** Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist eine vertikale Feder des Fluidlagers abgedichtet, insbesondere mittels einer elastomeren Haut oder einer Gummimembran. Es ist insbesondere vorgesehen, eine derartige Feder als Luftfeder auszugestalten. Aufgrund der Abdichtung handelt es sich dabei um ein geschlossenes System, wodurch der Luftverbrauch des Fluidlagers gesenkt wird.

15 **[0027]** Bei einer weiteren Ausführungsform des Drehgelenkes ist zumindest ein Drehgelenk, insbesondere das untere Drehgelenk als Knickpendelgelenk ausgestaltet. Derartige Knickpendel, welche auf Biegung belastet werden, ermöglichen ebenfalls die Ausgestaltung als Drehfederlager.

20 **[0028]** Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist in dem Lager zumindest ein Aktor, insbesondere ein Piezoaktor oder Magnetaktor vorgesehen, welcher eine aktive Regelung des Lagers in zumindest einem Freiheitsgrad ermöglicht.

25 **[0029]** Ein derartiger Aktor greift vorzugsweise berührungslos an der zu lagernden Last an und es lassen sich mit dem Aktor Schwingungen aktiv eliminieren. Gleichzeitig kann die Aktorenregelung auch zur Änderung der Charakteristik des Lagers dienen, beispielsweise bei Belastungsänderungen des Schwingungsisolationsystems.

30 **[0030]** Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst das Lager zumindest einen Sensor zur Messung von Positionsänderungen zwischen zu isolierenden Last, Basis und/oder einem Teil des Lagers. Über einen derartigen Sensor werden vorzugsweise berührungslos Positionsänderungen, insbesondere Schwingungen der zu isolierenden Last erfasst. Im Rahmen einer aktiven Regelung kann diesen Positionsänderungen über Aktoren oder über die Regelung des Fluiddrucks entgegengewirkt werden.

35 **[0031]** Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Schwingungsisolationsystem, welches zumindest ein erfindungsgemäßes Lager zur Schwingungsisolations umfasst.

40 **[0032]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst das Schwingungsisolationsystem des Weiteren einen Sensor zur Erfassung von Positionsänderungen der zu isolierenden Last in zumindest einer Raumrichtung. Dieser Sensor kann sowohl am Lager als auch an einer beliebigen Stelle der zu isolierenden Last

angeordnet sein.

[0033] Vorzugsweise weist das Schwingungsisolationsystem eine Regelungseinrichtung auf, welche über eine aktive Steuerung Kompensationssignale generiert und so Aktoren oder das Fluidlager steuert.

[0034] Mit der Erfindung lassen sich effektive Schwingungsisolationsysteme mit hoher Tragfähigkeit bereitstellen, welche bis über 10 Tonnen betragen kann.

[0035] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Schwingungsisolierung, bei welchem insbesondere ein erfindungsgemäßes Lager zur Schwingungsisolierung verwendet wird.

[0036] Bei dem Verfahren wird eine zu isolierende Last über zumindest ein Fluidlager gegen Schwingungen isoliert. Mittels zumindest zwei vertikal voneinander beabstandeten Drehgelenke erfolgt eine zusätzliche Schwingungsisolierung zumindest in der Horizontalen.

[0037] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird die Absenkung der zu isolierenden Last, welche durch eine Bewegung der Drehgelenke in Folge einer horizontalen Verschiebung der zu isolierenden Last zwangsläufig verursacht wird, durch eine aktive Regelung automatisch kompensiert. Diese automatische Kompensation kann insbesondere über den Fluiddruck oder die Aktoren erfolgen.

[0038] Vorzugsweise wird gemäß der Erfindung ein Lager bereitgestellt, bei welchem die horizontale Isolierung zumindest 60 %, bevorzugt 70 % und besonders bevorzugt 85 % über die Drehgelenke erfolgt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0039] Die Erfindung soll im Folgenden anhand der Zeichnungen Fig. 1 bis Fig. 6 näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lagers zur Schwingungsisolierung,

Fig. 2 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform, bei welcher eine Blattfeder in das Lager integriert ist,

Fig. 3 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform, bei welcher ein Lager als Knickpendellaager ausgestaltet ist,

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Lagers zur Schwingungsisolierung, bei welchem ein Gelenk als Knickpendelfedergelenk ausgestaltet ist,

Fig. 5 zeigt schematisch eine perspektivische Ansicht eines Gummipuffers, welcher als Teil eines Drehgelenkes Verwendung findet,

Fig. 6 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines Schwingungsisolationsystems.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0040] Bezug nehmend auf Fig. 1 wird schematisch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lagers zur Schwingungsisolierung 1 näher erläutert.

[0041] Das Lager zur Schwingungsisolierung 1 umfasst als Fluidlager ein Luftlager 2, welches einen Kolben 3 umfasst, der in einem Zylinder 4 läuft.

[0042] Das Luftlager 2 ist als offenes Luftlager ausgestaltet: Im Betriebszustand bildet sich zwischen Kolben 3 und Zylinder 4 ein Luftspalt 5 aus, wodurch der Kolben 3 berührungslos im Zylinder 4 läuft.

[0043] Ein derartiges Luftlager 2 hat eine relativ niedrige Steifigkeit in vertikaler Richtung, also entlang der eingezeichneten Z-Achse.

[0044] Die Steifigkeit des Lagers in horizontaler, also senkrecht zur Z-Achse entlang der XY-Ebene, ist dagegen, insbesondere aufgrund der kleinen Luftspalte 5 relativ hoch.

[0045] Um ein derartiges Lager mit einer Steifigkeit bereitstellen zu können, welche auch in horizontaler Richtung gering ist, ist zwischen dem Luftlager 2 und der zu isolierenden Last 7 ein oberes Drehgelenk 6 sowie zwischen Luftlager 2 und Basisplatte 9 ein unteres Drehgelenk 8 vorgesehen. Die Relativbewegungen zwischen der zu isolierenden Last 7 und der Basisplatte 9 in einer horizontalen Richtung führen dazu, dass sich das obere Drehgelenk 6 und das untere Drehgelenk 8 bewegen. Die Bewegung muss also nicht von dem Luftlager 2 durch eine horizontale Bewegung des Kolbens 3 abgefangen werden.

[0046] Bei dem oberen Drehgelenk 6 handelt es sich bei diesem Ausführungsbeispiel um ein rein mechanisches Gelenk, während das untere Drehgelenk 8 als Federbalg ausgestaltet ist und über welches zugleich das Luftlager 2 mit Druckluft versorgt wird.

[0047] Oberes Drehgelenk 6 und unteres Drehgelenk 8 sind vertikal, also in Richtung der Z-Achse voneinander beabstandet, um eine geometrisch entgegengesetzte aber zeitgleiche Verdrehung durchzuführen. Da die Drehgelenke 6, 8 oberhalb und unterhalb des Luftlagers 2 angeordnet sind, wirkt das Luftlager 2 als Hebel zwischen den beiden Drehpunkten, deren Abstand durch a) bezeichnet ist. So ist die Bauhöhe des Lagers zur Schwingungsisolierung 1 nicht wesentlich höher als bei einem reinen Luftlager.

[0048] Bezug nehmend auf Fig. 2 soll eine weitere Ausführungsform der Erfindung näher erläutert werden. Das Lager zur Schwingungsisolierung 1 gemäß Fig. 2 entspricht im Wesentlichen Fig. 1. Auch hier ist eine zu isolierende Last 7 auf einem Luftlager 2 gelagert. Es sind des Weiteren ein oberes Drehgelenk 6 und ein unteres Drehgelenk 8 vorgesehen, um eine horizontale Bewegung von Basis 9 und zu isolierender Last 7 gegeneinander zu ermöglichen.

[0049] Um das obere Drehgelenk 6 als Drehfedergelenk auszubilden, weist das Lager zur Schwingungsisolierung 1 in dieser Ausführungsform eine Blattfeder 10 auf,

welche eine hohe Steifigkeit in horizontaler Richtung, aber eine geringe Steifigkeit in vertikaler Richtung aufweist. Über ein Stellglied 11 kann zumindest die horizontale Steifigkeit der Blattfeder 10 eingestellt werden. Damit geht zugleich auch eine Veränderung der horizontalen Steifigkeit des gesamten Lagers einher. Das Lager zur Schwingungsisolierung 1 kann so verschiedenen Betriebszuständen angepasst werden. Denkbar ist auch, das Stellglied 11 über eine Regelungseinrichtung (nicht dargestellt) anzusteuern und so das Lager zur Schwingungsisolierung 1 automatisch veränderten Betriebsbedingungen anzupassen.

[0050] Bezug nehmend auf Fig. 3 soll eine weitere Ausführungsform der Erfindung näher erläutert werden, bei welcher das untere Drehgelenk 8 als Drehfedergelenk unter Verwendung von drei Knickpendeln 12 ausgestaltet ist. Die Knickpendel 12 sind mit dem Fluidlager über horizontale Querträger 13 verbunden und stützen sich auf der Basis 9 ab. Das obere Drehgelenk 6 ist nicht als Drehfederlager, sondern als rein mechanisches Lager ausgestaltet.

[0051] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 4 dargestellt.

[0052] Hier sind die Knickpendel 12 als Festkörpergelenke ausgebildet, welche zur Erzielung einer geringeren Steifigkeit Aussparungen 14 aufweisen. Auch diese als Festkörpergelenke ausgestalteten Knickpendel 12 sind über einen Querträger mit dem Fluidlager 2 verbunden.

[0053] Fig. 5 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Gummipuffers 15, wie er Teil eines Drehfedergelenkes sein kann. Der Gummipuffer 15 ist im Wesentlichen aus Vollmaterial ausgestaltet und weist Aussparungen 16 auf, um beidseitig in einer Aufnahme (nicht dargestellt) gehalten werden zu können.

[0054] Bezug nehmend auf Fig. 6 sollen die wesentlichen Komponenten eines Ausführungsbeispiels eines Schwingungsisolierungssystems 20 näher erläutert werden. Das Schwingungsisolierungssystem 20 weist eine zu isolierende Last 7 auf, welche als Platte dargestellt ist und welche zur Aufnahme weiterer Bauelemente (nicht dargestellt), welche ebenfalls zur isolierenden Last gehören, ausgebildet ist.

[0055] Die zu isolierende Last 7 ist auf vier Lagern zur Schwingungsisolierung 1 gelagert. Über einen Sensor 21 werden Positionsänderungen der zu isolierenden Last 7 berührungslos erfasst und das entsprechende Signal an eine Regeleinrichtung 23 weiter geregelt. Über die Regeleinrichtung 23 wird sowohl der Luftdruck der Lager 1 gesteuert, insbesondere um ein gleichbleibendes Niveau der zu isolierenden Last 7 bereitzustellen. Gleichzeitig steuert die Regeleinrichtung 23 einen Aktor 22 an, welcher berührungslos an der zu isolierenden Last 7 angreift und mit welchem insbesondere höherfrequenten Schwingungen in allen drei Raumrichtungen entgegenwirkt werden kann.

[0056] Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf eine Kombination vorstehend beschriebener Merkmale beschränkt ist, sondern dass der Fachmann sämtliche

Merkmale, soweit sinnvoll, kombinieren wird.

Bezugszeichenliste

5 [0057]

1. Lager
2. Luftlager
3. Kolben
- 10 4. Zylinder
5. Luftspalt
6. oberes Drehgelenk
7. zu isolierende Last
8. unteres Drehgelenk
- 15 9. Basisplatte
10. Blattfeder
11. Stellglied
12. Knickpendel
13. horizontaler Querträger
- 20 14. Aussparung
15. Gummipuffer
16. Aussparung
20. Schwingungsisolierungssystem
21. Sensor
- 25 22. Aktor
23. Regeleinrichtung

Patentansprüche

- 30 1. Lager zur Schwingungsisolierung, umfassend zumindest ein Fluidlager, insbesondere ein Luftlager zur horizontalen und/oder vertikalen Lagerung einer zu isolierenden Last,
- 35 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lager zumindest zwei vertikal voneinander beabstandete Drehgelenke aufweist.
- 40 2. Lager zur Schwingungsisolierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Drehgelenk eine Federsteifigkeit aufweist.
- 45 3. Lager zur Schwingungsisolierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die horizontale Steifigkeit des Fluidlagers mehr als 5, vorzugsweise mehr als 10 und besonders bevorzugt mehr als 15 mal höher ist als die vertikale Steifigkeit.
- 50 4. Lager zur Schwingungsisolierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vertikale Steifigkeit des Lagers mindestens 0,5, vorzugsweise 0,7 und besonders bevorzugt 0,9 mal so groß ist wie die horizontale Steifigkeit des Lagers.
- 55 5. Lager zur Schwingungsisolierung nach einem der vor-

- stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Drehgelenk, vorzugsweise bei-
de Drehgelenke, in zwei Rotationsfreiheitgraden,
welche im Wesentlichen senkrecht zu einer Vertika-
lachse verlaufen, beweglich sind. 5
6. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehgelenke oberhalb und unterhalb des
Fluidlagers angeordnet sind. 10
7. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Drehgelenke, vorzugs-
weise ein unteres Drehgelenk als Faltenbalg, insbe-
sondere als Metallfaltenbalg ausgebildet ist. 15
8. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Drehgelenke als Feder,
insbesondere als Metallfeder, ausgebildet ist. 20
9. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Drehgelenke als Feder
aus einem elastomeren Vollmaterial, insbesondere
Gummi ausgebildet ist. 25
10. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lager eine weitere Feder, insbesondere
Blattfeder aufweist, bei welcher die horizontale Stei-
figkeit höher, insbesondere mindestens 5 mal höher,
als vertikale die Steifigkeit ist. 30
11. Lager zur Schwingungsisolaton nach dem vorste-
henden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zumindest die horizontale Steifigkeit der weiteren
Feder veränderbar, insbesondere einstellbar, ist. 35
12. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
eine Feder des Lagers, insbesondere mittels
einer elastomeren Haut abgedichtet ist. 40
13. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zumindest ein Gelenk, insbesondere ein unter-
res Gelenk, zumindest drei auf Biegung belastete
Knickpendel umfasst. 45
14. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Lager zumindest einen Aktor, insbeson-
dere einen Piezo- oder Magnetaktor, zur aktiven Re-
gelung in zumindest einem Freiheitsgrad umfasst. 50
15. Lager zur Schwingungsisolaton nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Lager zumindest einen Sensor zur Mes-
sung von Positionsänderungen zwischen zu isolie-
render Last, Basis und/oder einem Teil des Lagers
umfasst. 55
16. Schwingungsisolatonssystem, umfassend zumin-
dest ein Lager zur Schwingungsisolaton nach einem
der vorstehenden Ansprüche.
17. Schwingungsisolatonssystem nach dem vorstehen-
den Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Schwingungsisolatonssystem zumindest einen
Sensor zur Erfassung von Positionsänderungen der
zu isolierenden Last in zumindest einer Raumrich-
tung umfasst.
18. Schwingungsisolatonssystem nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Schwingungsisolatonssystem eine Rege-
lungseinrichtung zur aktiven Steuerung eines Aktors
und/oder des Fluidlagers umfasst.
19. Schwingungsisolatonssystem nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Schwingungsisolatonssystem eine Trag-
fähigkeit von über 300 kg, vorzugsweise über 500
kg und besonders bevorzugt über 5000 kg aufweist.
20. Verfahren zur Schwingungsisolaton, insbesondere
mit einem Lager zur Schwingungsisolaton nach ei-
nem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine zu
isolierende Last über zumindest ein Fluidlager ge-
gen Schwingungen isoliert wird,
dadurch gekennzeichnet, dass mittels zumindest
zwei vertikal voneinander beabstandeter Drehge-
lenke eine zusätzliche Schwingungsisolaton zumin-
dest in der Horizontalen erfolgt. 35
21. Verfahren zur Schwingungsisolaton nach dem vor-
stehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass**
eine durch die Bewegung der beiden Drehge-
lenke hervorgerufene vertikale Absenkung der zu
isolierenden Last durch eine aktive Regelung des
Lagers, insbesondere über den Fluiddruck und/oder
einen Aktor im Wesentlichen kompensiert wird. 40
22. Verfahren zur Schwingungsisolaton nach einem der
vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-
net, dass** die horizontale Isolierung zu mindestens
60 %, bevorzugt 70 % und besonders bevorzugt 85
% über die Drehgelenke erfolgt. 45

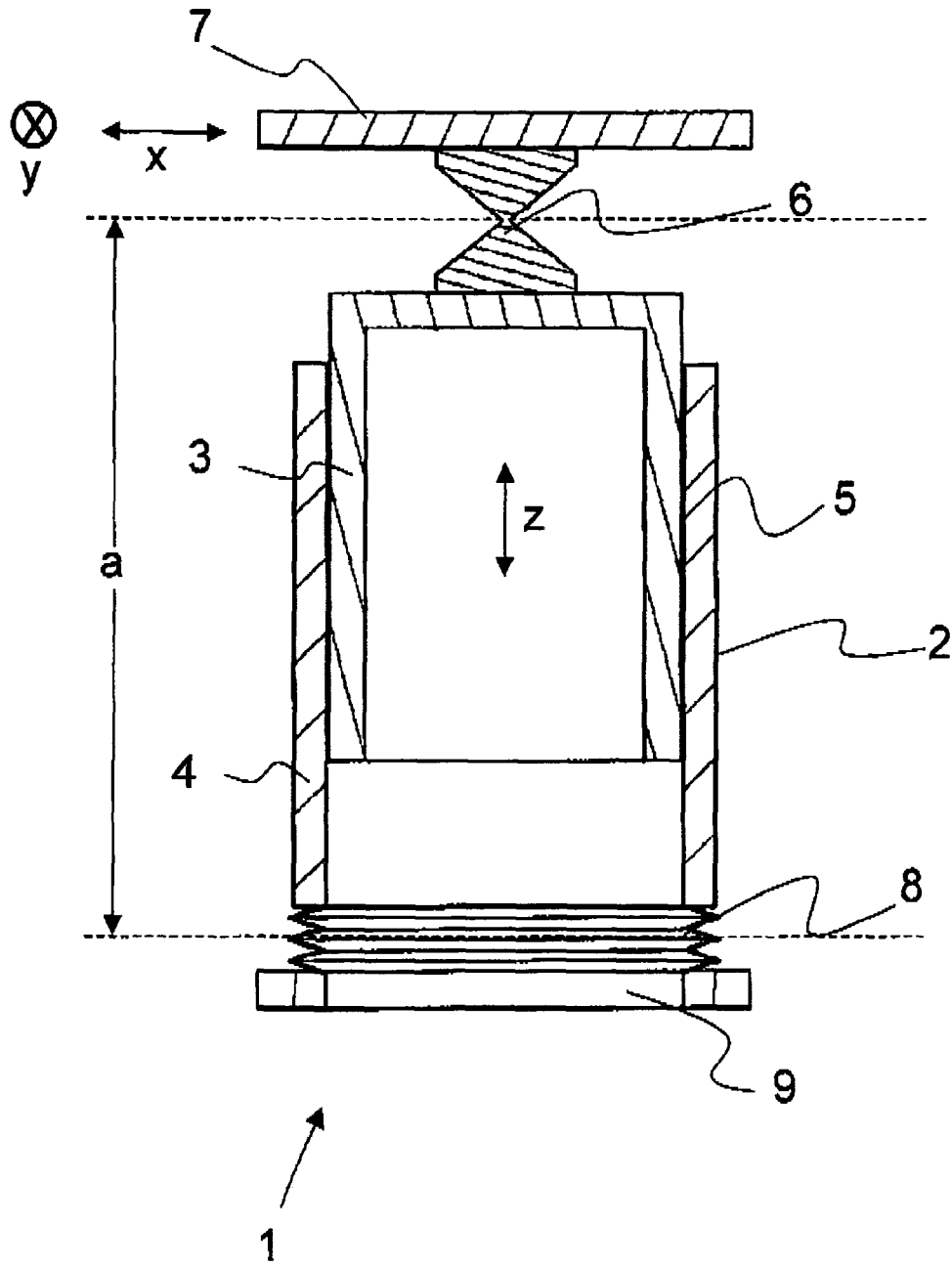


Fig. 1

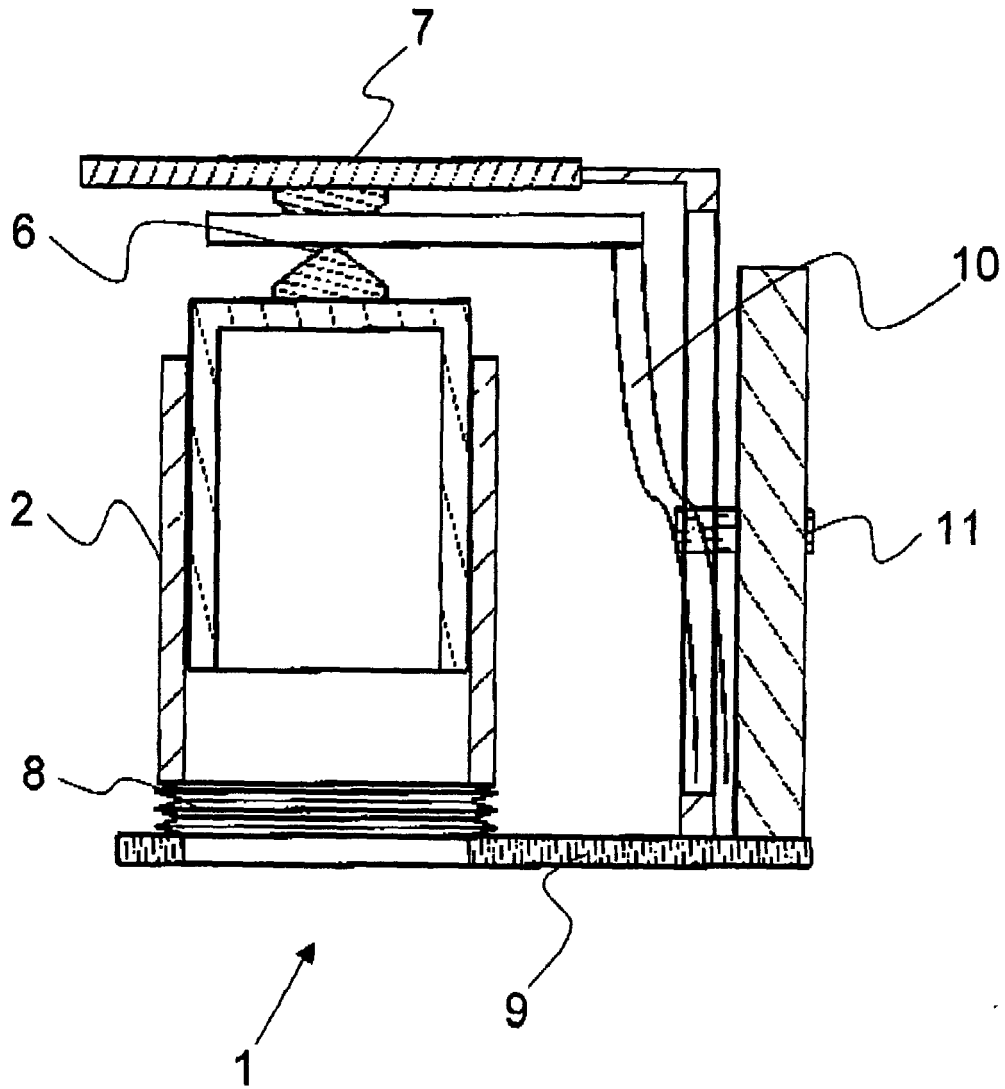


Fig. 2

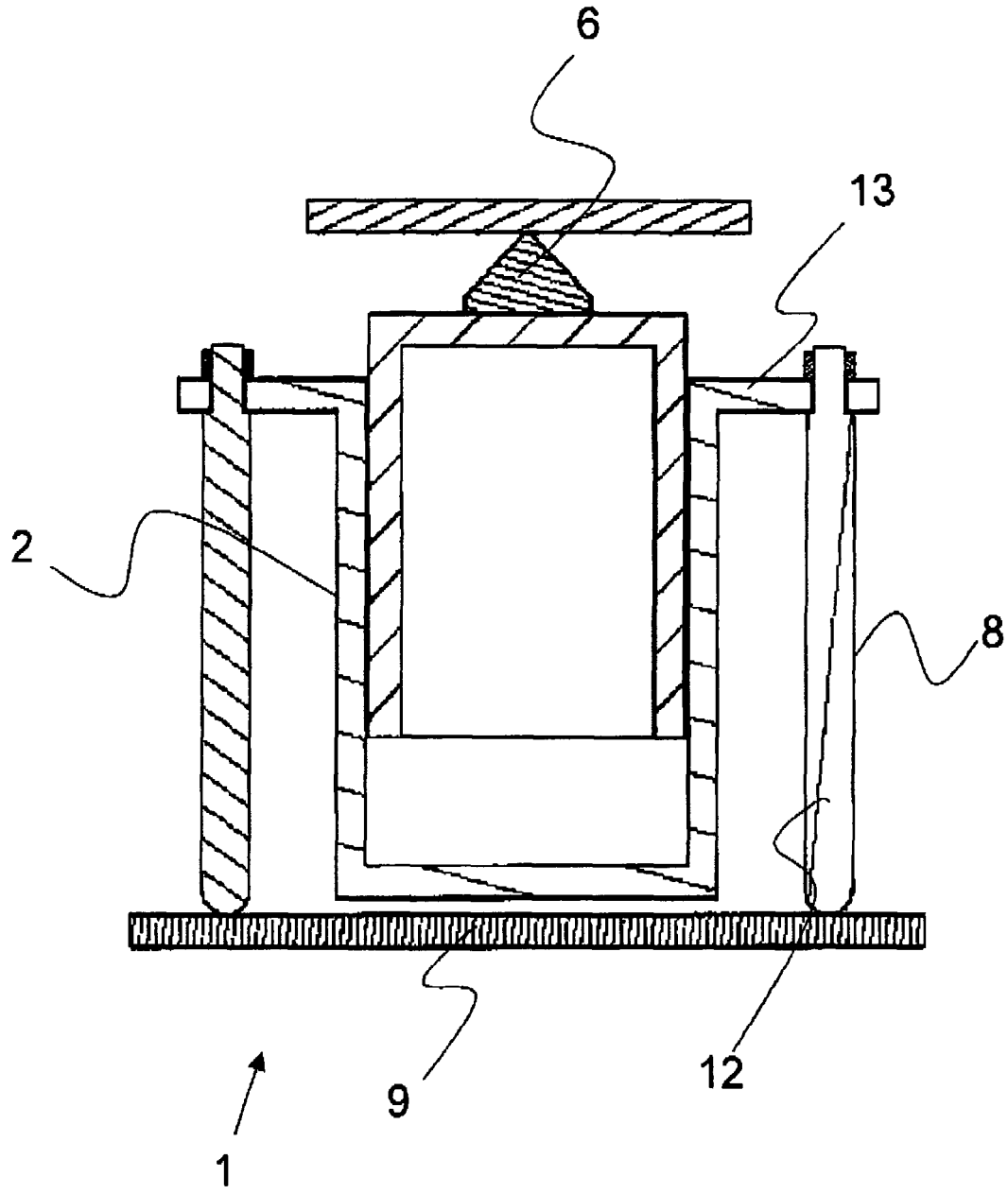


Fig. 3

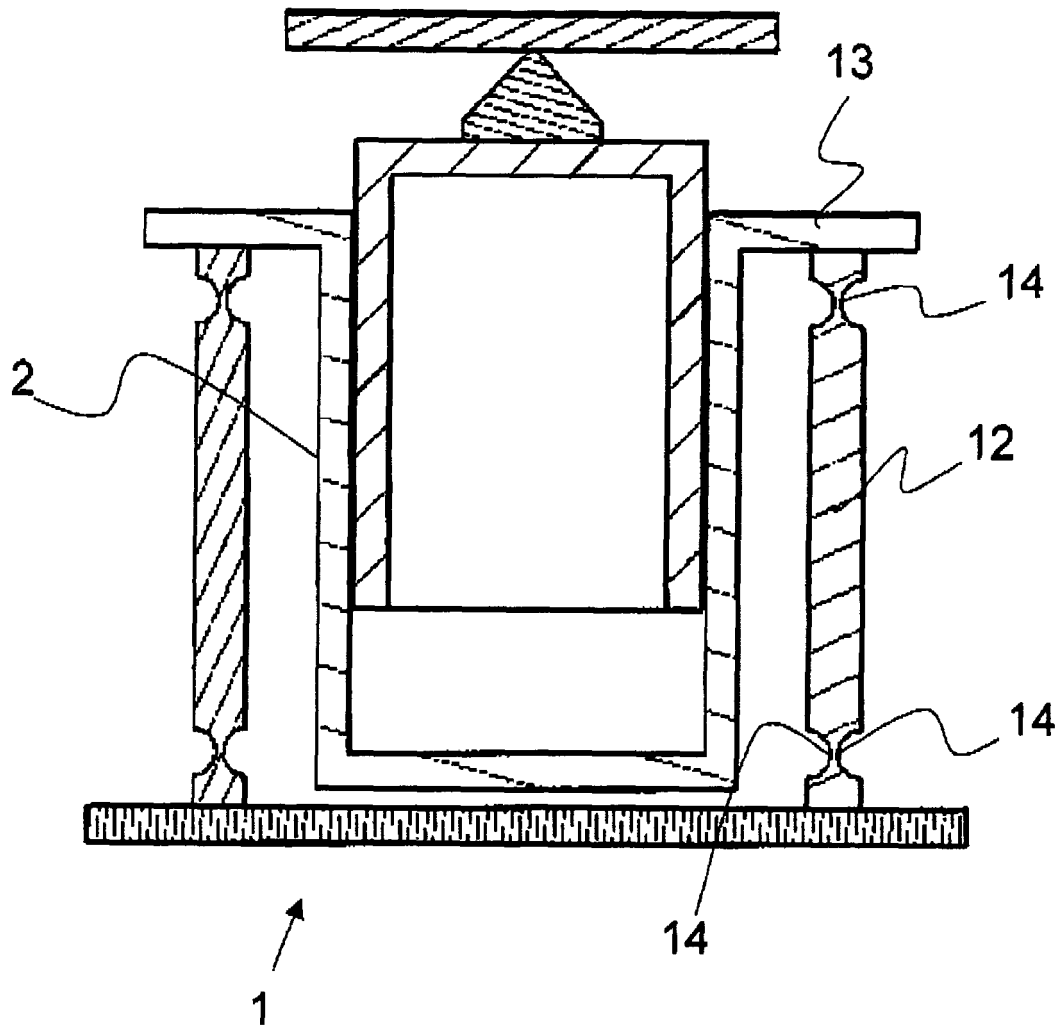


Fig. 4

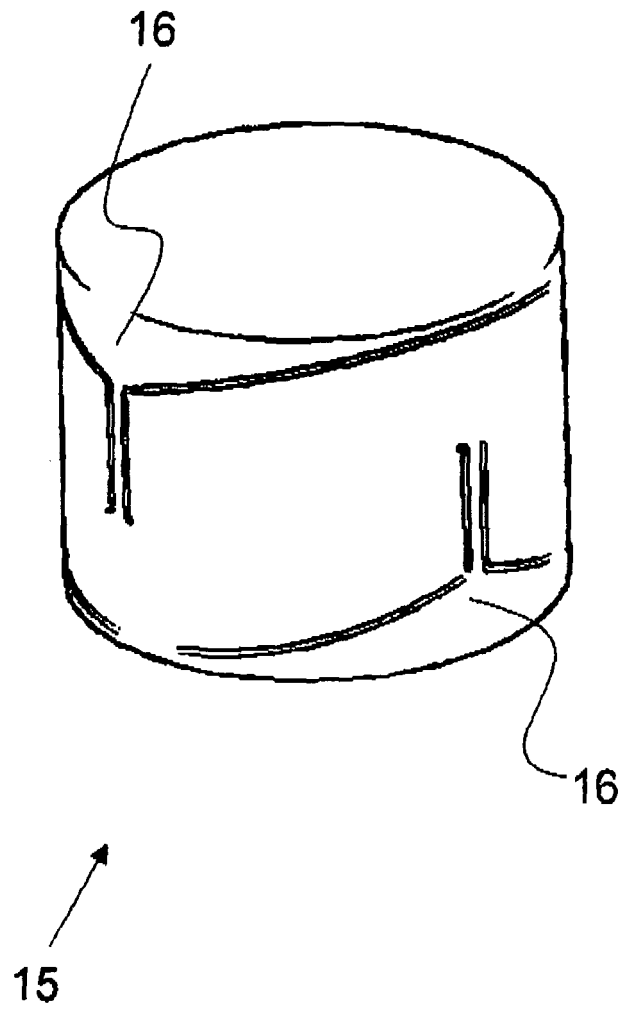


Fig. 5

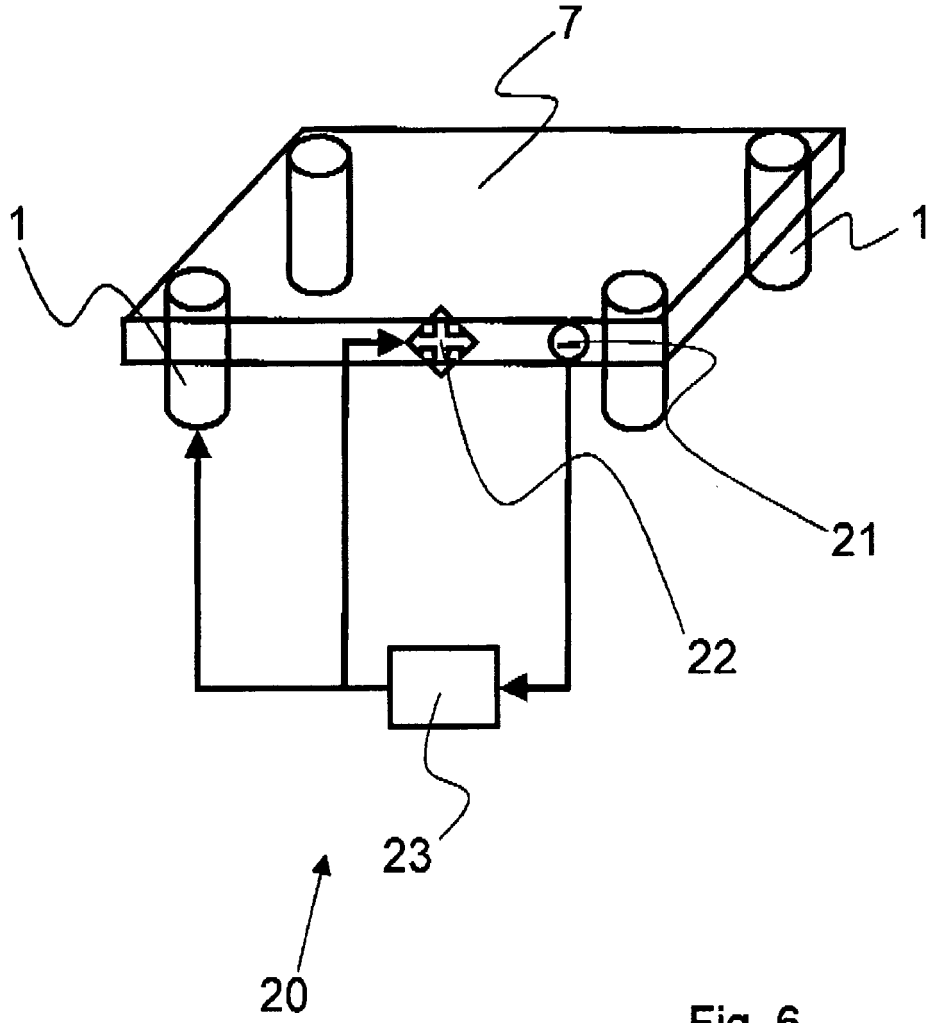


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 927380 B1 [0002]